Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 14, No. 1, June 2023, p. 48-62
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v14i1.89295

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۴ شمارهٔ ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۲
صفحهٔ ۶۲-۴۸، نوع مقاله: پژوهشی

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و علّیت صفات آگرومورفولوژیک ژنوتیپ‌های نخود کابلی (*Cicer arietinum* L.) در کشت دیم بهاره و پاییزه

ولی‌اله یوسفی[1]، جعفر احمدی[2]*، داود صادق‌زاده اهری[3] و عزت‌اله اسفندیاری[4]

۱- دانش‌آموخته دکتری اصلاح نباتات، گروه مهندسی ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران؛ vali_yousefi@yahoo.com

۲- استاد گروه مهندسی ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران؛ j.ahmadi@eng.ikiu.ac.ir

۳- دانشیار بخش تحقیقات حبوبات دیم مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران؛ dsadeghzade@yahoo.com

۴- استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه، مراغه، ایران؛ esfand1977@yahoo.com

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۳۰، **بازنگری:** ۱۴۰۰/۱۲/۰۲، **پذیرش:** ۱۴۰۱/۰۲/۲۰؛ **انتشار آنلاین مقاله:** ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
یوسفی، و.، احمدی، ج.، صادق‌زاده اهری، د. و اسفندیاری، ع. ۱۴۰۲. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و علّیت صفات آگرومورفولوژیک ژنوتیپ‌های نخود کابلی (*Cicer arietinum* L.) در کشت دیم بهاره و پاییزه. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۴(۱): ۶۲-۴۸.

چکیده

جهت ارزیابی ماهیت و نوع روابط موجود در بین برخی صفات زراعی و عملکرد دانه نخود کابلی، ۱۰۸ ژنوتیپ و رقم به‌همراه چهار رقم شاهد در قالب طرح آزمایشی آگمنت تحت دو شرایط تنش سرما (کشت پاییزه) و بدون تنش (کشت بهاره) در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور مورد مطالعه قرار گرفتند. بر اساس تجزیه همبستگی ساده مشخص گردید که در هر دو شرایط کشت بهاره و پاییزه صفات تعداد غلاف کل، تعداد غلاف‌های تک‌بذری و عملکرد زیست‌توده بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه داشتند. در کشت بهاره تعداد غلاف کل اثر مستقیم زیادی بر عملکرد دانه داشت، ولی اثر غیرمستقیم تعداد غلاف کل از طریق وزن ۱۰۰ دانه بر عملکرد دانه منفی بود. در کشت پاییزه با وجود اثر مستقیم بالای تعداد غلاف کل بر عملکرد دانه، به دلیل اثر غیرمستقیم منفی از طریق تعداد غلاف پوک، ضریب همبستگی ساده تعداد غلاف کل با عملکرد دانه بسیار زیاد نبود. در کشت بهاره ژنوتیپ‌های ۱۰۸، ۶۳، ۶۵ و ۹۹ بیشترین تعداد غلاف کل، تعداد غلاف تک‌بذری، زیست‌توده و عملکرد تک بوته و ژنوتیپ‌های ۵۵، ۷۶، ۸۱، ۸۲، ۸۴، ۸۵ و ۸۸ بالاترین وزن ۱۰۰ دانه و طول و قطر غلاف را دارا بودند. در کشت پاییزه، ژنوتیپ‌های ۸۷ و ۲۲ مقدار زیست‌توده و عملکرد تک‌بوته بیشتر، ژنوتیپ‌های ۴۵ و ۶۵ تعداد غلاف کل و تعداد غلاف تک‌بذری بیشتر، ژنوتیپ ۸۹ تعداد غلاف کل و زیست‌توده بیشتر و ژنوتیپ ۹۴ تعداد غلاف کل، تعداد غلاف تک‌بذری، زیست‌توده و عملکرد تک‌بوته بیشتری نشان دادند. در هر دو کشت پاییزه و بهاره، تعداد غلاف کل بیشترین اثر مثبت و مستقیم را بر عملکرد دانه داشت. بنابراین توصیه می‌شود در برنامه‌های به‌نژادی در راستای افزایش عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های نخود در هر دو شرایط تنش سرما و بدون تنش، گزینش بر اساس تعداد غلاف کل در بوته صورت پذیرد که صفتی قابل رؤیت بوده و اندازه‌گیری آن ساده است.

واژه‌های کلیدی: تجزیه رگرسیون؛ تحمل سرما؛ کشت پاییزه؛ عملکرد دانه

مقدمه

کشاورزی نقش ویژه‌ای در اقتصاد، امنیت غذایی و کاهش فقر دارد (Akbarpoor and Mahdavi-Damghani, 2017). کشاورزی در ایران با چالش بهبود معیشت کشاورزان و تأمین غذای ۱۰۰ میلیون انسان تا سال ۲۰۵۰ روبرو است (Karamidehkordi, 2010). در بحث تأمین غذا علاوه بر کمیت، کیفیت غذا نیز مد نظر است چون امنیت غذایی یعنی اینکه همه افراد در همه زمان‌ها و مکان‌ها، امکان دسترسی به

* نویسنده مسئول: j.ahmadi@eng.ikiu.ac.ir

غذای کافی برای داشتن زندگی سالم و پویا را داشته باشند که عملاً در تعریف علاوه بر جنبه کمی غذا، بعد کیفی آن نیز مورد توجه قرار گرفته است (Seyedhamzeh and Damari, 2017). در بین محصولات زراعی پس از غلات، حبوبات دارای بیشترین اهمیت اقتصادی بوده و دومین منبع غذایی مهم برای انسان به‌شمار می‌رود (International Legume Database and Information Service, 2006). حبوبات حاوی پروتئین، آهن، منیزیم، پتاسیم و روی بیشتری نسبت به غلات بوده و منبع غذایی مهمی برای افراد فقیر، به ویژه در کشورهای در حال توسعه و توسعه نیافته می‌باشند (Singh, 2017). محتوای پروتئینی و ترکیبات اسید آمینه حبوبات بسته به واریته، شرایط جوانه‌زنی، شرایط محیطی و کاربرد کودها متفاوت بوده و محتوای پروتئینی حبوبات تقریبا دو برابر غلات است (Dahl et al., 2012). دانه‌های حبوبات به دلیل غنای بالای پروتئینی علاوه بر مصرف در رژیم غذایی انسان (Temba et al., 2016) برای خوراک دام به عنوان منبع مقرون به صرفه پروتئینی و مکمل غلات مورد استفاده قرار می‌گیرند (Koivunen et al., 2016). همچنین حبوبات از طریق تثبیت نیتروژن جو، می‌توانند به طور قابل ملاحظه‌ای میزان نیتروژن خاک و عملکرد محصولات بعدی را افزایش دهند (Williams et al., 2014). بنابراین، حبوبات نقش مهمی در پایداری و انعطاف‌پذیری اکوسیستم و حفظ امنیت غذایی جهانی دارند.

در سال ۲۰۱۷ از ۱۴/۵ میلیون هکتار سطح زیر کشت نخود، ۱۴/۷ میلیون تن محصول با متوسط عملکرد ۱۰۱۴ کیلوگرم در هکتار برداشت شده است. تولید جهانی نخود در سال ۲۰۱۸ نیز با متوسط عملکرد ۹۶۵ کیلوگرم در هکتار، معادل ۱۷/۲ میلیون تن در ۱۷/۸ میلیون هکتار گزارش شده است که نسبت به سال قبل تولید جهانی نخود به مقدار ۲/۵ میلیون تن و سطح زیر کشت آن به میزان ۳/۳ میلیون هکتار افزایش داشته است. سهم آسیا از نخود تولید شده در سال ۲۰۱۸ برابر با ۱۳/۲ میلیون تن از ۱۴/۴ میلیون هکتار بوده که بخش عمده آن متعلق به کشور هندوستان است. کشور ایران نیز با تولید ۲۲۲ هزار تن نخود از ۵۰۱ هزار هکتار زمین، عملکرد بسیار پائین ۴۴۳ کیلوگرم نخود در هکتار را به نام خود به ثبت رسانده است (FAO, 2018). لذا با توجه به اهمیت نخود در رژیم غذایی مردم کشورهای در حال توسعه و تاثیر آن بر بهبود حاصلخیزی خاک از طریق تثبیت زیستی نیتروژن، مطالعه بر روی اصلاح نخود در راستای افزایش عملکرد آن امری ضروی می‌باشد.

در کشت‌های بهاره نخود دیم در اغلب مناطق کشور، به علت افزایش دما، طول روز، تخلیه رطوبتی خاک، تعرق و تنفس گیاهی، قطع بارندگی‌های بهاره و وقوع خشکی آخر فصل در حساس‌ترین مرحلهٔ فیزیولوژیک (گل‌دهی و غلاف‌بندی)، گیاه با کاهش طول دورهٔ رشد و نمو مواجه می‌گردد. از طرف دیگر دوره فعالیت آفات مهم نخود از جمله آگروتیس و هلیوتیس با کشت بهاره هماهنگ است و به همین دلیل، عملکرد گیاه (دانه و زیست‌توده) در کشت بهاره کاهش می‌یابد ولی در کشت‌های پاییزه و زمستانه گلدهی زودتر، فرار از آفات و استفاده بهینه از بارندگی‌های سالیانه به افزایش چشمگیر عملکرد دانه کمک می‌کنند. همچنین به دلیل افزایش طول دوره رویشی گیاه در کشت پاییزه، ارتفاع بوته افزایش یافته و امکان برداشت مکانیزهٔ آن فراهم می‌شود. پس با ممکن شدن کشت پاییزه نخود گامی مهم در بهره‌وری بهینه آب و مبارزه با تنش خشکی موجود در کشت دیم برداشته می‌شود (Sadeghzadeh-Ahari, 2015).

در هر گیاه زراعی، عملکرد دانه یا به عبارت بهتر عملکرد اقتصادی، نتیجه نهایی همه فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی از زمان سبز شدن تا بلوغ فیزیولوژیکی و تأثیرات متقابل این فرآیندها با محیط است. از دیدگاه ژنتیکی عملکرد دانه یک صفت کمّی پیچیده بوده و تحت کنترل تعداد زیادی ژن است، لذا عوامل محیطی تأثیر بالایی بر عملکرد دارند. همچنین میزان عملکرد دانه متأثر از چندین صفت است که بعضی از این صفات با یکدیگر و با عملکرد دانه همبستگی زیادی دارند. از طریق تجزیه ارتباطی این صفات با خودشان و با عملکرد دانه می‌توان به یک معیار گزینش قابل اعتماد دست یافت. انتخاب یک‌طرفه برای صفات زراعی بدون در نظر گرفتن صفات دیگر نتایج مطلوبی نخواهد داشت، لذا در برنامه‌های به‌نژادی بایستی به همبستگی بین صفات توجه کرد (Karami et al., 2005). پیشرفت در یک برنامه به‌نژادی گیاهی به طراحی مناسب گزینش بر اساس روابط همبسته و غیرهمبسته بستگی دارد (Kumar et al., 2017). بنابراین تعیین نوع، کمیت و کیفیت روابط بین عملکرد دانه با سایر صفات زراعی و مورفولوژیکی برای تعیین ژنوتیپ‌های مطلوب در برنامه‌های اصلاحی اهمیت زیادی دارد (Singh et al., 1990). در مراحل اولیه اصلاحی بهتر است به جای عملکرد از اجزاء تعیین کننده آن در گزینش بوته استفاده کرد. برای تجزیه و تحلیل اجزاء عملکرد از روش‌های تجزیه واریانس، تجزیه ضرایب همبستگی، تجزیه رگرسیون چندگانه و تجزیه ضرایب مسیر (تجزیه علیت) استفاده می‌شود (Fraser and Eaton, 1983).

تجزیه رگرسیون نسبت به تجزیه همبستگی با توان بیشتری ماهیت رابطه بین متغیرها را مطالعه می‌کند، تجزیه رگرسیون چندگانه وسیع‌ترین ابزار آماری برای مدل‌سازی و برآورد ارزش یک متغیر وابسته در ارتباط با چند متغیر مستقل

است (Nasiri and Ebrahimi, 2013). همانند تجزیه همبستگی ممکن است در تجزیه رگرسیونی نیز برخی از متغیرهای مستقل تأثیر معنی‌داری روی متغیر تابع نداشته باشند (Farshadfar, 2001). در رگرسیون چندمتغیره به دلیل وجود اثرات متقابل در بین متغیرها ممکن است رابطه یک متغیر در کنار برخی از متغیرها معنی‌دار و در کنار برخی دیگر از متغیرها غیرمعنی‌دار باشد. یکی از روش‌ها برای حذف متغیرهای کم اهمیت در مدل و تصمیم‌گیری برای تشکیل مدل نهایی، روش گام به گام است (Zeinali et al., 2005). رگرسیون گام به گام، کارآیی بهتری نسبت به مدل کلی رگرسیون جهت تعیین معادله پیش‌بینی شده برای عملکرد دارد (Farshadfar, 2001). جهت تعیین این که کدام صفات سهم بیشتر و واقعی‌تری در عملکرد دانه دارند، از تجزیه علیت یا تجزیه مسیر استفاده می‌شود که یک روش مناسبی برای تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مورد مطالعه بر روی عملکرد دانه می‌باشد.

نتایج رگرسیون چندگانه و تجزیه علیت این امکان را فراهم می‌نماید که اثر هر متغیر در عملکرد بوته به‌طور مستقل مورد بررسی قرار گیرد. بر اساس نتایج تحقیقات پیشین افزایش وزن غلاف با بذر به‌طور مستقیم و افزایش تعداد بذر در بوته، طول و عرض غلاف به طور غیرمستقیم، عملکرد بوته را افزایش می‌دهد (Mardi et al., 2003). وزن غلاف با بذر و تعداد بذر در بوته به عنوان مهم‌ترین صفات تاثیرگذار بر عملکرد بوته بوده و تعداد کل غلاف دارای بیشترین اثر غیرمستقیم بر عملکرد بوته از طریق عملکرد بیولوژیکی گزارش شده و بر این اساس استفاده از دو صفت مذکور در برنامه‌های اصلاحی برای افزایش ماده خشک توصیه گردید (Uddin et al., 1990; Vijaykumar et al., 1991). بر اساس نتایج پژوهش‌های انجام شده، افزایش عملکرد بوته به‌وسیلهٔ افزایش حجم بذر به دلیل وجود همبستگی منفی بین حجم بذر با تعداد غلاف و تعداد بذر در بوته توصیه نمی‌شود (Pundir et al., 1992).

با توجه به اهمیت زراعت نخود دیم در کشور و از سوی دیگر برتری کشت‌های پائیزهٔ این گیاه نسبت به کشت‌های بهاره، تحقیق حاضر با هدف افزایش کارآیی فرآیند انتخاب در ژنوتیپ‌های نخود از طریق بررسی روابط مابین صفات مهم زراعی با استفاده از ضرایب همبستگی، تجزیه به مولفه‌های اصلی و تجزیه علیت انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش مشتمل بر کشت دیم بهاره به عنوان تیمار بدون تنش سرما در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و کشت دیم پاییزه به عنوان تیمار تنش سرمایی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور (DARI) واقع در مراغه بر روی ۱۱۲ ژنوتیپ نخود کابلی در قالب طرح آزمایشی آگمنت بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. مواد گیاهی مورد مطالعه شامل ۹۹ ژنوتیپ دریافتی از مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ICARDA) با عنوان خزانه بین‌المللی نخود متحمل به سرما (CICTN)، ۹ رقم ارسالی از ترکیه و سه رقم ایرانی آرمان، جم و سارال (رقم جدید، به عنوان شاهد مقاوم به سرما) و ژنوتیپ ILC533 (به عنوان شاهد استاندارد حساس به سرما) در هشت تکرار بود (جدول ۱). در کشت بهاره هر کرت آزمایشی شامل چهار خط کشت دو متری با فاصله بین ردیف ۲۵ سانتیمتر بود و در کشت پاییزه هر کرت حاوی چهار خط کشت به طول چهار متر با فاصله بین ردیف ۲۵ سانتیمتر بودند و تراکم کشت در هر دو شرایط برابر ۳۰ بذر در متر مربع بود.

آمار هواشناسی سالهای زراعی تحت کشت در جدول ۲ آورده شده است. در کشت بهاره فقط دو روز با دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد و در اردیبهشت ماه رخ داد و در بقیه روزها دمای هوا بیشتر از صفر درجهٔ سانتی‌گراد بود. متوسط دما در اردیبهشت، ۱۱/۸ در خرداد ۱۸/۸ و در تیر ماه ۲۴ درجه سانتی‌گراد بود. در کشت پاییزه تعداد روزهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد در آبان ۱۰ روز، در آذر ۲۶ روز، در دی ۲۸ روز، در بهمن ۲۸ روز، در اسفند ۱۴ روز و در فروردین ۱۱ روز بود. متوسط دما در ماه‌های آذر، دی و بهمن زیر صفر (۲/۲- درجه سانتی‌گراد) بود. متوسط دمای حداقل مطلق در سه ماه آذر، دی و بهمن ۵/۵- درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۲). شروع پوشش برف حدود ۴۰ روز پس از کاشت و روزهای پوشش برف از تاریخ ۹۴/۹/۱۲ تا ۹۴/۱۱/۲۸ شامل ۷۶ روز بود.

برای ارزیابی صفات فنولوژیک تعداد روزها از تاریخ کاشت تا آغاز رسیدگی و تا ۹۰٪ رسیدگی گیاهان هر کرت یادداشت گردید. برای سنجش سایر صفات آگرومورفولوژیک (تعداد غلاف کل در تک‌بوته، تعداد غلاف پوک در تک‌بوته، تعداد غلاف دوبذری در تک‌بوته، ارتفاع گیاه، ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک، وزن صد دانه، قطر غلاف، طول غلاف، زیست‌توده تک‌بوته، عملکرد دانه تک‌بوته، شاخص برداشت و درصد باروری) ده بوته به تصادف از هر کرت انتخاب شد، پس از ارزیابی و یادداشت‌برداری از صفات در نهایت، میانگین داده‌های ده بوته از هر کرت به عنوان داده تک‌بوته آن کرت در نظر گرفته شد.

عملکرد دانه تک‌بوته به عنوان متغیر تابع و دیگر صفات به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. تجزیه واریانس

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS، تجزیه همبستگی و تجزیه به مولفه‌های اصلی با استفاده از نرم‌افزار SPSS و تجزیه علیت با استفاده از نرم‌افزار Path74 انجام شد.

جدول ۱- اسامی و کد ۱۱۲ ژنوتیپ نخود مورد ارزیابی در کشت بهاره و پاییزه

Table 1. Name and code of 112 studied chickpea genotypes under spring/autumn -planting conditions

کد Code	ژنوتیپ Genotype	کد Code	ژنوتیپ Genotype	کد Code	ژنوتیپ Genotype	کد Code	ژنوتیپ Genotype	کد Code	ژنوتیپ Genotype	کد Code	ژنوتیپ Genotype
1	FLIP 97-121C	21	FLIP 02-51C	42	FLIP 05-39C	61	FLIP 06-166C	82	FLIP 08-76C	106	FLIP 0075
2	FLIP 99-26C	22	FLIP 02-52C	43	FLIP 05-45C	62	FLIP 06-167C	83	FLIP 08-77C	107	Sel95 th1716
3	FLIP 00-39C	23	FLIP 02-55C	44	FLIP 05-49C	63	FLIP 06-168C	94	FLIP 08-78C	108	ILC 72
4	FLIP 01-40C	24	ILC 8262	45	FLIP 05-77C	64	FLIP 06-170C	85	FLIP 08-80C	109	ILC 1799
5	FLIP 02-59C	25	ILC 8617	46	FLIP 03-3C	65	FLIP 06-173C	86	Çakır	110	FLIP 0078
6	FLIP 02-61C	27	FLIP 03-2C	47	FLIP 05-36C	67	FLIP 07-83C	87	Azkan	112	FLIP 03-70C
7	FLIP 02-67C	28	FLIP 07-4C	48	FLIP 05-37C	68	FLIP 07-84C	88	Akça	113	FLIP 03-128C
8	FLIP 02-69C	29	FLIP 03-5C	49	FLIP 05-42C	69	FLIP 07-96C	89	Gökçe	115	FLIP 05-19C
9	FLIP 02-80C	30	FLIP 03-6C	50	FLIP 05-43C	70	FLIP 08-3C	91	Seçkin	116	FLIP 05-147C
10	FLIP 02-81C	31	FLIP 03-8C	51	FLIP 05-47C	71	FLIP 08-18C	94	Aziziye-94	117	FLIP 05-157C
11	FLIP 03-1C	32	FLIP 03-9C	52	FLIP 05-93C	73	FLIP 08-45C	97	Sezenbey	118	FLIP 05-162C
12	FLIP 98-16C	33	FLIP 03-14C	53	FLIP 05-137C	74	FLIP 08-52C	98	Çağatay	119	FLIP 06-37C
13	FLIP 99-45C	34	FLIP 04-2C	54	FLIP 05-137C	75	FLIP 08-62C	99	Inci	120	FLIP 06-52C
14	FLIP 01-5C	35	FLIP 04-33C	55	FLIP 06-70C	76	FLIP 08-63C	100	FLIP 98-108C	121	Arman (Check)
15	FLIP 01-7C	37	FLIP 04-35C	56	FLIP 06-79C	77	FLIP 08-66C	101	FLIP 97-118C	122	Jam (Check)
16	FLIP 01-36C	38	FLIP 04-37C	57	FLIP 06-149C	78	FLIP 08-70C	102	FLIP 02-84	123	Saral (Check)
17	FLIP 01-57C	39	FLIP 04-38C	58	FLIP 06-151C	79	FLIP 08-71C	103	ILC 482	124	ILC533 (Check)
18	FLIP 02-3C	40	FLIP 05-13C	59	FLIP 06-154C	80	FLIP 08-73C	104	ILC 3279		
20	FLIP 02-50C	41	FLIP 05-38C	60	FLIP 06-163C	81	FLIP 08-74C	105	Sel96 11439		

جدول ۲- آمار هواشناسی سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه.

Table 2. Meteorological details for Maragheh DARI Station (2014-15 and 20115-16).

	Year سال	R.F. (mm)	Abs.T. Min. (^{0}C)	Abs.T. Max. (^{0}C)	Mean.T. Min. (^{0}C)	Mean.T. Max.(^{0}C)	Ave. T. (^{0}C)	N.D. B.0	Ave.Rel .H. (%)	Evap. (mm)
October مهر	2014-15	131.7	0.5	23.4	5.3	13.7	9.5	0	69.5	107.8
	2015-16	79.6	0.5	26	6.7	16	11.38	0	66.6	114.5
November آبان	2014-15	51.5	-6.5	15	-0.6	6.3	2.8	16	71.3	4.5
	2015-16	59	-5.5	14	-0.7	7	3.1	18	69.6	0
December آذر	2014-15	62.9	-8	9.8	-2.7	3.2	0.25	25	80.5	0
	2015-16	23.5	-16	10	-7.3	-2.2	-4.7	28	76.8	0
January دی	2014-15	27.5	-10	10.4	-5.4	3.12	-1.1	30	65.8	0
	2015-16	30	-17.5	10.6	-4.8	0.7	-2	27	71.7	0
February بهمن	2014-15	27.3	-12.5	12.4	-4	4.43	0.22	24	66.7	0
	2015-16	43.5	-11.5	15.6	-2.6	5.4	1.3	20	65.7	0
March اسفند	2014-15	46.7	-10.5	16	-1.4	8.2	3.4	18	63	0
	2015-16	79	-7	16.4	-0.5	8.1	3.8	18	65.2	0
April فروردین	2014-15	24.3	-3.5	24.6	2.6	13.5	8.1	6	57.6	20.5
	2015-16	44.5	-5	23.4	3.4	13.5	8.5	5	56.2	41.5
May اردیبهشت	2014-15	45	1	27.4	8.4	20	14.2	0	46.3	241
	2015-16	14.2	2	28	8	19.9	13.97	0	47	212.6
Jun خرداد	2014-15	1	8	35.6	13.5	27.9	20.7	0	32.3	341.5
	2015-16	61.4	6	33	12.41	24.46	18.46	0	39.1	304.8

[R.F.: Rain Fall,میزان بارندگی]
[Abs.T.Min.: Minimum Absolute temperature,حداقل دمای مطلق]
[Abs.T.Max.: Maximum Absolute temperature,حداکثر دمای مطلق]
[Ave.T.: Average Temperature,متوسط دما]
[Mean.T.Min.: Mean Temperature Minimum,متوسط دمای حداقل]
[Mean.T.Max.: Mean Temperature Maximum,متوسط دمای حداکثر]
[Evap.: Evaporation,میزان تبخیر]
[N.D.B.0: Number of Days Below 0 ^{0}C,تعداد روزهای زیر صفر درجه]

نتایج و بحث

مقایسه کشت دیم بهاره و پاییزه

ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در دو شرایط کشت دیم بهاره و پاییزه از لحاظ صفات ارزیابی شده پاسخ‌های متفاوتی از خود نشان دادند. میانگین صفات کل ژنوتیپ‌ها در کشت بهاره و پاییزه همراه با مقدار و درصد تغییرات هر صفت بررسی شد (جدول ۳). برای تمام صفات مورد مطالعه آزمون تی-استیودنت بین کشت پاییزه و کشت بهاره انجام شد و مشخص گردید که تفاوت همه صفات مورد مطالعه در کشت پاییزه و بهاره معنی‌دار است. به جز دو صفت ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک و درصد باروری همه صفات در کشت پاییزه نسبت به کشت بهاره دارای افزایش بودند. بیشترین افزایش مربوط به تعداد غلاف پوک به میزان ۲۵۲/۹ درصد و کمترین افزایش مربوط به قطر غلاف به میزان ۳/۶ درصد بود. از اجزای عملکرد دانه، سه صفت تعداد غلاف کل، وزن صد دانه و شاخص برداشت در کشت پاییزه به ترتیب ۴۹/۴، ۳۴/۵ و ۱۷/۱ درصد افزایش نسبت به کشت بهاره داشتند. همچنین عملکرد دانه در کشت پاییزه نسبت به کشت بهاره با ۸۹/۲ درصد افزایش تقریباً نزدیک به دو برابر رشد نشان داد (جدول ۳).

جدول ۳- میانگین و درصد تغییرات صفات آگرومورفولوژیک ۱۱۲ ژنوتیپ نخود مورد ارزیابی در کشت بهاره و پاییزه

Table 3. Mean and percentage of variation for agro-morphological traits in 112 chickpea genotypes under spring/autumn -planting conditions

مخفف صفات Abbreviation of triats	صفت Trait	میانگین Mean کشت بهاره Spring-planting	 کشت پاییزه Autumn-planting	میزان تغییر صفت Trait variation value	درصد تغییر صفت Trait variation percent
TPN	تعداد غلاف کل Total pods number	17.2	25.7	-8.5**	49.4
EPN	تعداد غلاف پوک Empty pods number	1.7	6	-4.3**	252.9
TSPN	تعداد غلاف دوبذری Two-seed pods number	1	1.4	-0.4**	40
PH	ارتفاع گیاه (cm) Plant height (cm)	25	30.4	-5.4**	21.6
FPH	ارتفاع اولین غلاف (cm) First pod height (cm)	12.6	11.7	0.95**	-7.1
OSPN	تعداد غلاف تک‌بذری One-seed pods number	13.7	17.8	-4.2**	29.9
DMI	تعداد روز تا شروع رسیدگی Days to maturity initiation	82.9	251.2	-168.3**	203
DM90%	تعداد روز تا ۹۰٪ رسیدگی Days to 90% maturity	91.7	271.1	-179.4**	195.6
100KW	وزن صد دانه (g) 100-kernel weight (g)	26.1	35.1	-9**	34.5
PD	قطر غلاف (mm) Pod diameter (mm)	11	11.4	-0.4**	3.6
PL	طول غلاف (mm) Pod length (mm)	21.3	22.2	-0.9**	4.2
B	زیست‌توده (g) Biomass (g)	9.1	14.6	-5.5**	60.4
HI	شاخص برداشت Harvest index	0.41	0.48	-0.07**	17.1
FP	درصد باروری (%) Fertility percent (%)	83	75.3	7.8**	-9.3
Y	عملکرد تک‌بوته (g) Single plant yield (g)	3.7	7	-3.3**	89.2

**: اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون t استیودنت.

**: Indicating statistically significant at 1% probability level based on student t-test.

تجزیه همبستگی

در کشت بهاره، ضرایب همبستگی ساده عملکرد دانه با صفات تعداد غلاف کل، تعداد غلاف پوک، تعداد غلاف دوبذری، ارتفاع گیاه، تعداد غلاف تک‌بذری، زیست‌توده، شاخص برداشت و درصد باروری مثبت و معنی‌دار بودند. ضریب همبستگی ساده عملکرد دانه با تعداد غلاف کل (**۰/۸۳) بیشترین مقدار را داشت و ضریب همبستگی عملکرد دانه با تعداد غلاف تک‌بذری و زیست‌توده در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول ۴). در کشت پاییزه، ضریب همبستگی ساده عملکرد با همه صفات به جز تعداد روز از کاشت تا ۹۰٪ رسیدگی و درصد باروری مثبت و معنی‌دار بود. بیشترین همبستگی بین عملکرد و زیست‌توده (**۰/۹۲) و بین تعداد غلاف و تعداد غلاف تک‌بذری (**۰/۹۱) مشاهده گردید (جدول ۴).

برخلاف کشت پاییزه، در کشت بهاره همبستگی عملکرد دانه با صفات ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک، تعداد روز رسیدگی، وزن صد دانه، قطر غلاف و طول غلاف غیرمعنی‌دار بود (جدول ۴) که این امر می‌تواند به دلیل کوتاه بودن دوره رشد در کشت بهاره و عدم تاثیرگذاری آن صفات بر عملکرد باشد. در کشت بهاره همبستگی منفی و معنی‌داری بین وزن صد دانه با تعداد غلاف کل در بوته مشاهده شد. یعنی با افزایش تعداد غلاف، سهم هر یک از دانه‌ها از مواد فتوسنتزی کاهش یافته و دانه کوچکتری تولید می‌شودکه با نتایج گزارش شده توسط سایر پژوهشگران مطابقت دارد (Sedaghatkhahi et al., 2011).

در کشت بهاره همبستگی مثبت و معنی‌داری بین شاخص برداشت با دو صفت تعداد غلاف تک‌بذری و تعداد غلاف دوبذری وجود داشت و در کشت پاییزه همبستگی منفی و معنی‌دار بین شاخص برداشت با صفت تعداد غلاف پوک مشاهده شد (جدول ۴). به عبارت دیگر تعداد غلاف‌های بارور (دارای یک یا دو بذر) به عنوان یک جزء زایشی موثر در شاخص برداشت هستند، به طوری که در کشت بهاره ژنوتیپ‌های دارای غلاف بارور بیشتر، شاخص برداشت بیشتر و در کشت پاییزه ژنوتیپ‌های دارای غلاف بارور کمتر، شاخص برداشت کمتری داشتند. نتایج مشابه با این یافته توسط Sedaghatkhahi et al, (2011) گزارش شده است. در کشت بهاره بین صفات تعداد روز از کاشت تا شروع رسیدگی و ۹۰٪ رسیدگی با چهار صفت تعداد غلاف تک‌بذری، زیست‌توده، ارتفاع بوته و ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت ولی این دو صفت فنولوژیک با عملکرد تک‌بوته همبستگی معنی‌داری نداشتند، بنابراین به نظر می‌رسد مزیت ژنوتیپ‌های دیررس افزایش ارتفاع بوته و ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک در آن‌ها هست که در برداشت مکانیزه نخود این دو صفت مؤلفه‌های مهمی هستند. همچنین تعداد غلاف تک‌بذری و مقدار زیست‌توده در ژنوتیپ‌های دیررس بیشتر بود ولی دیررس بودن این ژنوتیپ‌ها علیرغم بالا بودن تعداد غلاف تک‌بذری به دلیل تنش خشکی آخر فصل نتوانسته بود عملکرد تک‌بوته را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار دهد. هرچند رابطهٔ مثبت جزئی بین این صفات فنولوژیک با عملکرد تک‌بوته مشاهده شد (جدول ۴).

در کشت پاییزه نیز همبستگی تعداد روز از کاشت تا شروع رسیدگی با صفات زیست‌توده، ارتفاع بوته و عملکرد تک‌بوته مثبت و معنی‌دار بود. بنابراین در کشت پاییزه به دلیل طولانی بودن دورهٔ رشد و وجود فرصت کافی برای گیاه، ژنوتیپ‌های دیررس‌تر عملکرد بیشتری خواهند داشت. همچنین در کشت پاییزه تعداد روز از کاشت تا رسیدگی با سه صفت وزن صد دانه، طول غلاف و قطر غلاف دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بود. بر این اساس گیاهانی که فرصت بیشتری برای توسعه اندام‌های رویشی خود داشتند توانستند غلاف‌های بزرگتر و دانه‌های درشت‌تری تولید کنند که با نتایج Nezami et al, (2010) مطابقت دارد. همبستگی تعداد روز از کاشت تا رسیدگی با شاخص برداشت منفی و معنی‌دار بود. این امر می‌تواند به دلیل افزایش بیشتر شاخ و برگ گیاه (زیست‌توده) نسبت به مقدار افزایش عملکرد دانه باشد که در نهایت باعث کاهش شاخص برداشت می‌شود.

در کشت بهاره صفت ارتفاع بوته با تعداد غلاف کل دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بود (جدول ۴) که با نتایج نظامی و همکاران (Nezami et al., 2010) مطابقت دارد. در کشت پاییزه ارتفاع بوته با شاخص برداشت و درصد باروری همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. این امر نشان‌دهنده افزایش میزان زیست توده و تعداد غلاف‌های پوک در ژنوتیپ‌های پابلند نخود در کشت پاییزه است که به‌نظر می‌رسد به دلیل اثر بیشتر تنش سرمایی بر کاهش باروری ژنوتیپ‌های پابلند و ایستاده در نخود باشد و ژنوتیپ‌هایی که دارای ارتفاع کمتر و تیپ بوتهٔ خوابیده هستند به مقدار بیشتری از سرمای زمستانه و بهاره در امان می‌مانند.

جدول ۴- ضرایب همبستگی ساده برای صفات زراعی ژنوتیپ‌های نخود در کشت بهاره (پایین قطر) و کشت پاییزه (بالای قطر)

Table 4. Correlation coefficients for agronomic traits of chickpea genotypes in spring-planting (below diameter) and autumn-planting (above diameter)

Trait	TPN	EPN	TSPN	PH	FPH	OSPN	DMI	DM90%	100KW	PD	PL	B	HI	FP	Y
TPN		0.75**	0.20*	0.175	-0.043	0.91**	0.122	0.071	-0.088	-0.088	-0.086	0.78**	-0.029	-0.20*	0.74**
EPN	0.54**		0.19*	0.18*	-0.077	0.51**	0.097	0.045	0.01	0.05	0.02	0.55**	-0.35**	-0.62**	0.40**
TSPN	0.35**	-0.04		0.32**	0.158	-0.009	0.087	0.062	0.006	0.31**	0.29**	0.32**	-0.048	-0.39**	0.29**
PH	0.34**	-0.03	0.154		0.66**	-0.004	0.22*	0.21*	0.33**	0.39**	0.30**	0.42**	-0.21*	-0.44**	0.33**
FPH	0.049	-0.07	0.045	0.59**		-0.142	0.099	0.175	0.33**	0.28**	0.37**	0.22*	0.05	-0.22*	0.19*
OSPN	0.98**	0.42**	0.27**	0.38**	0.071		0.057	0.048	-0.124	-0.157	-0.146	0.71**	0.134	0.19*	0.73**
DMI	0.176	0.007	0.038	0.20*	0.31**	0.20*		0.60**	0.164	0.119	0.14	0.27**	-0.088	-0.118	0.20*
DM90%	0.186	-0.002	-0.009	0.24**	0.29**	0.21*	0.92**		0.21*	0.19*	0.21*	0.25**	-0.20*	-0.056	0.145
100KW	-0.19*	-0.06	-0.048	0.21*	0.20*	-0.20*	0.011	-0.01		0.55**	0.57**	0.29**	-0.021	-0.057	0.25**
PD	-0.147	0.007	0.115	0.21*	0.14	-0.18	-0.01	-0.04	0.62**		0.72**	0.35**	-0.22*	-0.20*	0.24**
PL	-0.021	-0.16	0.180	0.42**	0.23*	-0.02	-0.03	-0.05	0.51**	0.579**		0.37**	-0.17*	-0.139	0.27**
B	0.75**	0.44**	0.27**	0.37**	0.20*	0.73**	0.30**	0.30**	0.142	0.087	0.019		-0.06	-0.133	0.92**
HI	0.31**	0.007	0.34**	0.149	-0.15	0.31**	-0.19	-0.17	0.078	0.083	0.269**	0.010		0.47**	0.30**
FP	0.19*	-0.58**	0.33**	0.38**	0.15	0.29**	0.12	0.14	0.036	-0.053	0.271**	0.172	0.384**		0.01
Y	0.83**	0.34**	0.42**	0.43**	0.08	0.82**	0.15	0.17	0.118	0.092	0.169	0.784**	0.583**	0.351**	

** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪. برای توضیح اختصارات به جدول ۳ مراجعه شود.

** and *: significant at 1% and 5%, respectively. See Table 3 for abbreviations.

وزن صد دانه نخود در هر دو شرایط کشت بهاره و پاییزه با قطر و طول غلاف همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت یعنی ژنوتیپ‌هایی با غلاف‌های بزرگتر، دارای دانه‌های بزرگتری نیز بودند. همچنین در کشت پاییزه قطر و طول غلاف همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد داشتند ولی این همبستگی‌ها در کشت بهاره معنی‌دار نبود. یعنی در کشت پاییزه ژنوتیپ‌های دارای غلاف‌های بزرگتر، عملکرد بیشتری نیز داشتند ولی در کشت بهاره به دلیل کوتاه بودن دوره رویشی و کم بودن زمان پر شدن غلاف، ژنوتیپ‌هایی با غلاف‌های بزرگتر نتوانستند عملکرد بیشتری تولید نمایند. ضریب همبستگی تعداد غلاف پوک با عملکرد دانه در هر دو کشت بهاره و پاییزه مثبت و معنی‌دار بود. شاید وجود چنین رابطه مثبتی در نگاه اول متناقض باشد؛ ولی چون ضریب همبستگی تعداد غلاف پوک با تعداد غلاف کل در هر دو کشت بهاره و پاییزه (مثبت و معنی‌دار بود یعنی با افزایش تعداد غلاف کل در یک بوته، تعداد غلاف پوک آن نیز افزایش یافت پس بوته‌هایی با تعداد غلاف کل بیشتر که طبیعتا عملکرد بالاتری نیز دارند، تعداد غلاف پوک بیشتری هم داشتند.

تجزیه علیت

نتایج حاصل از تجزیه علیت عملکرد دانه در شرایط کشت بهاره با چهار صفت تعداد غلاف کل، وزن ۱۰۰ دانه، درصد باروری و تعداد غلاف دوبذری که در رگرسیون گام‌به‌گام تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه در بوته داشتند، نشان داد که تعداد غلاف کل اثر مستقیم و ضریب همبستگی ساده بیشتری با عملکرد دانه داشت. اثر غیرمستقیم تعداد غلاف کل از طریق وزن ۱۰۰ دانه بر عملکرد دانه منفی بوده است زیرا با افزایش تعداد غلاف کل (تعداد دانه) وزن دانه‌ها کمتر شد. وزن ۱۰۰ دانه به دلیل اثر غیرمستقیم منفی از طریق تعداد غلاف کل (کاهش وزن دانه‌ها در اثر افزایش تعداد دانه‌ها)، ضریب همبستگی ساده کمتری با عملکرد دانه داشت. درصد باروری و تعداد غلاف دوبذری نیز علیرغم پایین بودن اثرات مستقیم‌شان، به دلیل اثر غیرمستقیم مثبت از طریق تعداد غلاف کل بر عملکرد دانه، ضریب همبستگی ساده متوسطی با عملکرد دانه داشتند (جدول ۵). در پژوهش‌های اخیر نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه و شاخص برداشت و همچنین اثر مستقیم و معنی‌دار این صفات بر عملکرد دانه نخود گزارش شده است (Gediya et al., 2019). در مطالعه‌ای دیگر اثر مستقیم بالای صفات تعداد غلاف، تعداد دانه، وزن ۱۰۰ دانه و وزن تک‌بذر بر عملکرد دانه مشاهده شده است (Farshadfar and Farshadfar, 2008).

نتایج حاصل از تجزیه علیت عملکرد دانه در شرایط تنش سرمایی (کشت پاییزه) با استفاده از صفات طول غلاف، تعداد غلاف پوک، وزن ۱۰۰ دانه و تعداد غلاف دو بذری که در رگرسیون گام‌به‌گام تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه در بوته

داشتند، نشان داد که در مورد تعداد غلاف کل علی‌رغم داشتن اثر مستقیم بالا بر عملکرد دانه، به دلیل اثر غیرمستقیم منفی از طریق تعداد غلاف پوک، ضریب همبستگی ساده تعداد غلاف کل با عملکرد دانه بسیار بالا نبود. در مورد طول غلاف نیز علیرغم پایین بودن اثر مستقیم، به دلیل اثر غیرمستقیم مثبت از طریق وزن ۱۰۰ دانه (غلاف‌های بزرگتر دانه‌های بزرگتری دارند و با افزایش طول غلاف، وزن ۱۰۰ دانه نیز افزایش یافته و منجر به بالا رفتن عملکرد دانه می‌شود)، ضریب همبستگی ساده طول غلاف با عملکرد دانه خیلی کم نبود. در مورد تعداد غلاف پوک علیرغم منفی بودن اثر مستقیم بر عملکرد دانه (۰/۴۸۳-) همبستگی ساده مثبت (۰/۴۰۳) بین تعداد غلاف پوک با عملکرد دانه مشاهده شد که به نظر می‌رسد این امر به دلیل اثر غیرمستقیم بالا و مثبت از طریق تعداد غلاف کل رخ داد (با افزایش تعداد غلاف کل که منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود تعداد غلاف پوک نیز افزایش می‌یابد). وزن ۱۰۰ دانه نیز برخلاف اثر مستقیم پایین بر عملکرد دانه، ضریب همبستگی ساده متوسطی با عملکرد دانه داشت که این موضوع می‌تواند به دلیل اثر غیرمستقیم مثبت از طریق طول غلاف بر عملکرد دانه باشد (بوته‌های دارای غلاف‌های بزرگتر، دانه‌های سنگین‌تر و در نهایت عملکرد دانه بیشتری داشتند). در مورد تعداد غلاف دو بذری نیز برخلاف اثر مستقیم بسیار پایین این صفت بر عملکرد دانه، ضریب همبستگی ساده متوسطی با عملکرد دانه داشت و دلیل این امر نیز اثر غیرمستقیم مثبت از طریق تعداد غلاف کل بر عملکرد دانه می‌باشد (بوته‌های دارای تعداد غلاف کل بیشتر که عملکرد بالاتری هم داشتند دارای تعداد غلاف دو بذری بیشتری هم بودند) (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه ضرایب علیت اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات ارزیابی شده بر عملکرد دانه نخود در کشت بهاره و پاییزه

Table 5. Path coefficients analysis of direct and indirect effects of evaluated traits on chicpea grain yield in spring-planting and autumn-planting

	صفت Trait	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیرمستقیم از طریق Indirect effects through					مجموع اثرات غیرمستقیم Sum of indirect effects	اثر کل Total effect	باقیمانده Residual
کشت بهاره Spring-planting			TPN	100KW	FP	TSPN				
	TPN	0.829	-	-0.056	0.028	0.032		0.004	0.836	0.426
	100KW	0.281	-0.165	-	0.005	-0.005		-0.165	0.118	
	FP	0.148	0.162	0.01	-	0.03		0.202	0.351	
	TSPN	0.092	0.297	-0.014	0.049	-		0.332	0.425	
کشت پاییزه Autumn-planting			TPN	PL	EPN	100KW	TSPN			
	TPN	1.135	-	-0.019	-0.366	-0.021	0.019	-0.387	0.748	0.444
	PL	0.220	-0.098	-	-0.01	0.133	0.029	0.054	0.275	
	EPN	-0.483	0.859	0.004	-	0.002	0.019	0.884	0.402	
	100KW	0.234	-0.1	0.125	-0.005	-	0	0.020	0.254	
	TSPN	0.098	0.226	0.064	-0.097	0.001	-	0.194	0.296	

See Table 3 for abbreviations.

برای توضیح اختصارات به جدول ۳ مراجعه شود.

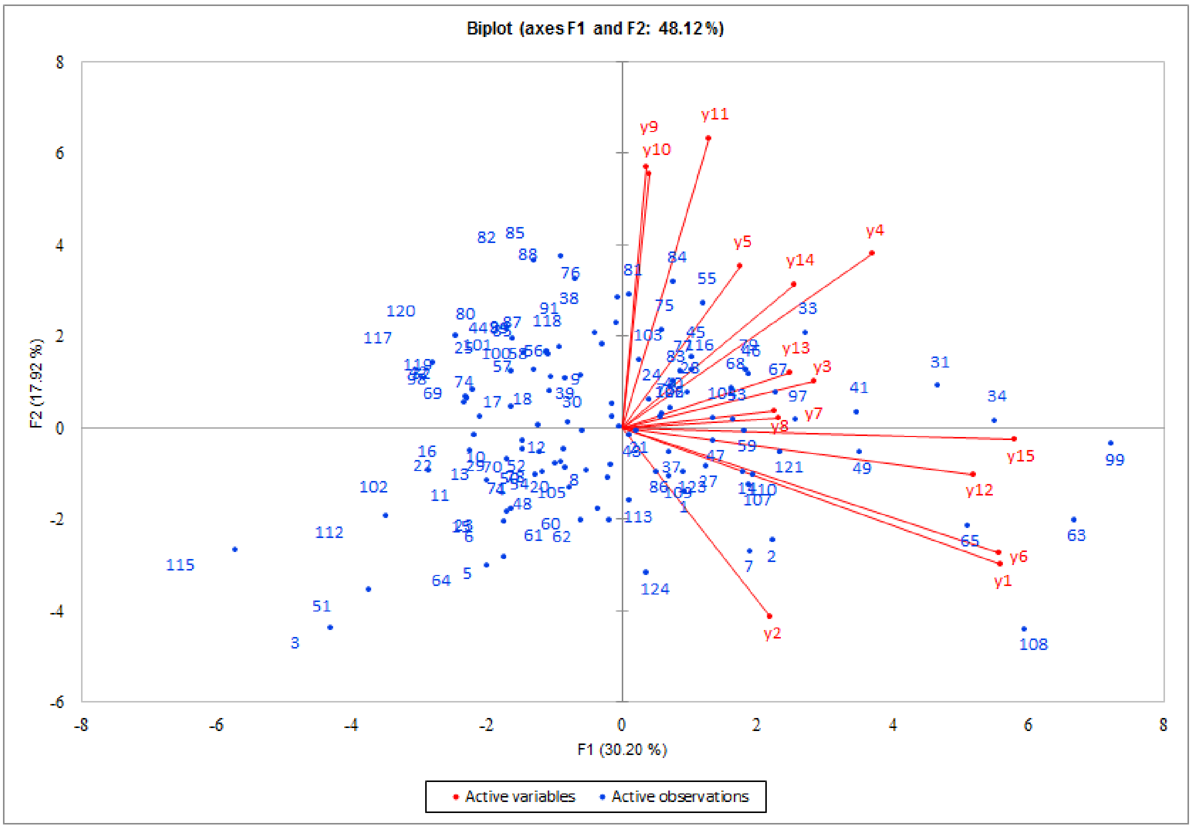
در نتایج تحقیق حاضر تعداد غلاف کل و وزن ۱۰۰ دانه به عنوان دو عامل اثرگذار اصلی در عملکرد دانه نخود بودند. به طور کلی و بر اساس گزارشات سایر پژوهشگران، نتایج حاصل از همبستگی، رگرسیون چندگانه و تجزیه ضرایب علیت این نکته را مشخص می‌سازد که وزن بذر با غلاف و تعداد بذر در بوته از جمله صفات مهم و تاثیرگذار بر عملکرد تک‌بوته نخود دیم می‌باشند و اصلاح در جهت افزایش این صفات قادر است عملکرد بوته را به نحو مطلوبی افزایش دهد (Mardi et al., 2003). در یک پژوهش وزن بذر با غلاف و تعداد بذر در بوته را به عنوان اجزاء عملکرد معرفی شده است (Singh et al., 1995) که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. در پژوهشی دیگر عملکرد بیولوژیک، وزن ۱۰۰ دانه و تعداد دانه در غلاف به عنوان مؤثرترین صفات بر عملکرد دانه شناسایی شده‌اند (Ali et al., 2009) که از نظر اثر مثبت وزن ۱۰۰ دانه بر عملکرد با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. همچنین معلوم شده است که تعداد غلاف در بوته بیشترین اثر مستقیم را بر روی عملکرد دانه دارد (Habibpour-Mehrban et al., 2014) که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد و تعداد غلاف پر در بوته نیز دارای بیشترین اثر مستقیم (۰/۳۵۱) بر عملکرد بود (Dashti et al., 2019).

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

برای تعیین اهمیت هر یک از صفات آگرومورفولوژیکی مورد مطالعه، در تنوع بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، نتایج

حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در کشت بهاره نشان داد که پنج مؤلفه اول به ترتیب با ۳۰/۲۰، ۱۷/۹۲، ۱۴/۸۵، ۱۱/۷۴ و ۶/۷۷ درصد از واریاس کل داده‌ها در مجموع ۸۱/۴۷ درصد از تنوع موجود بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را توجیه کردند. مقادیر بردارهای ویژه در مؤلفه اول نشان داد که صفات تعداد غلاف، تعداد غلاف تک‌بذری، زیست‌توده و عملکرد دانه بیشترین نقش را در تشکیل این مؤلفه داشتند. مقادیر بردارهای ویژه در مؤلفه دوم نیز نشان داد که صفات وزن صد دانه، قطر غلاف و طول غلاف بیشترین نقش را در تشکیل این مؤلفه داشتند.

نمودار بای‌پلات حاصل از دو مولفه اول (شکل ۱) تاثیر صفات آگرومورفولوژیک در پراکنش ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد. طول بردار متغیرهای مورد مطالعه نشان‌دهنده سهم آنها در مؤلفه‌های اصلی هست و هر چه طول بردار متغیر بیشتر باشد سهم آن متغیر در آن مؤلفه اصلی بیشتر است. صفات دارای بردار طویل‌تر نزدیک به محور افقی (Y1، Y6، Y12 و Y15) سهم بیشتری در مؤلفه اصلی اول و صفات دارای بردار طویل‌تر نزدیک به محور عمودی (Y9، Y10 و Y11) سهم بیشتری در مؤلفه اصلی دوم نشان دادند (شکل ۱). در نمودار بای‌پلات ترسیم شده هر ژنوتیپ توسط نزدیک‌ترین صفت یا صفات از دیگر ژنوتیپ‌ها متمایز شدند، به طوری‌که ژنوتیپ‌های ۱۰۸، ۶۳، ۶۵ و ۹۹ بیشترین تعداد غلاف کل (Y1)، تعداد غلاف تک‌بذری (Y6)، زیست‌توده (Y12) و عملکرد تک بوته (Y15) را داشتند. لذا چهار ژنوتیپ مذکور از نظر مؤلفه اول برتر بودند. در مؤلفه دوم نیز وزن ۱۰۰ دانه و طول و قطر غلاف (Y9، Y10 و Y11) بزرگترین بردار بودند که ژنوتیپ‌های ۵۵، ۷۶، ۸۱، ۸۲، ۸۴، ۸۵ و ۸۸ از نظر این صفات برتر بودند.



شکل ۱- نمودار بای‌پلات ۱۱۲ ژنوتیپ نخود بر اساس صفات آگرومورفولوژیک در کشت بهاره

Fig. 1. Biplot diagram for 112 chickpea genotypes by agromorphological traits in spring cultivation

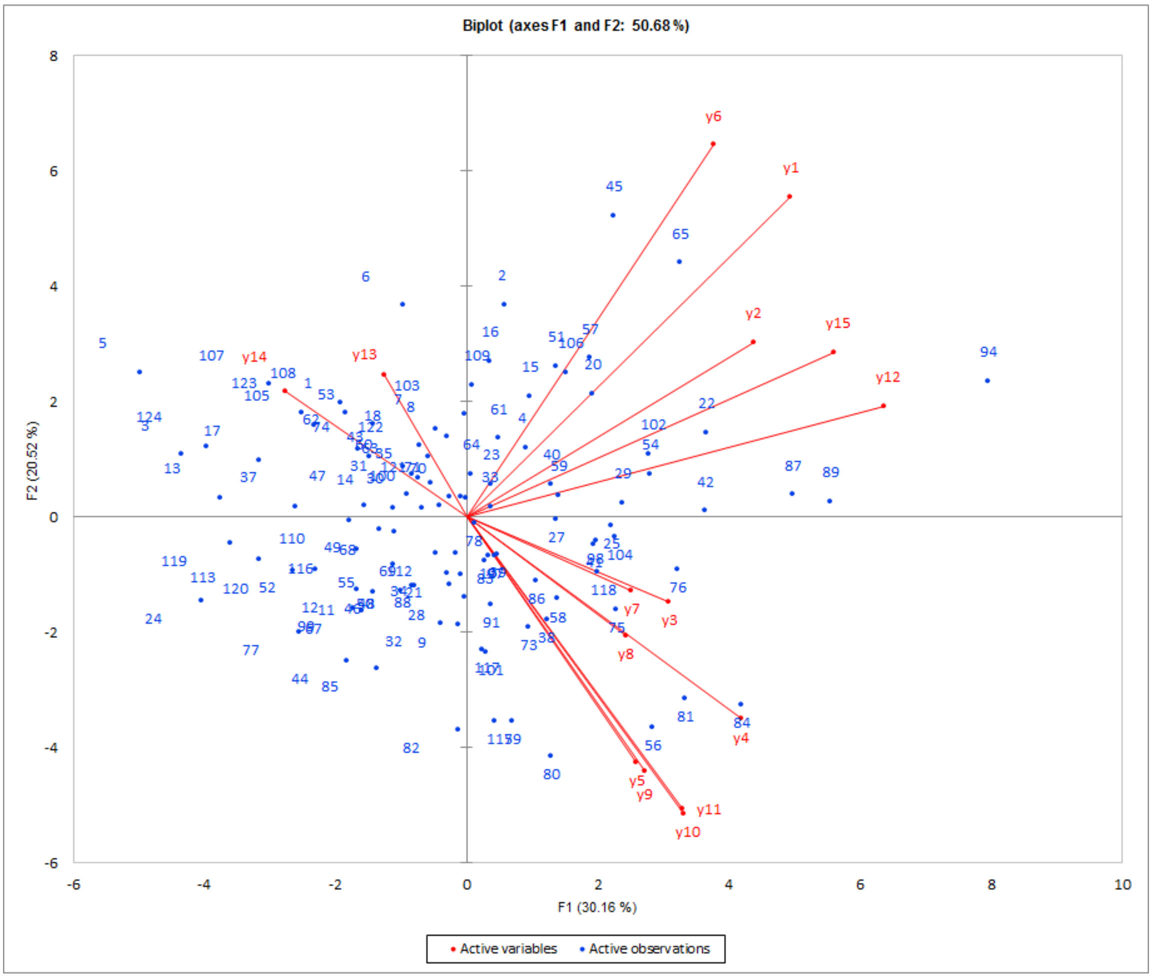
(Y1: تعداد غلاف کل؛ Y2: تعداد غلاف پوک؛ Y3: تعداد غلاف دوبذری؛ Y4: ارتفاع گیاه؛ Y5: ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک؛ Y6: تعداد غلاف تک بذری؛ Y7: تعداد روز از کاشت تا شروع رسیدگی؛ Y8: تعداد روز از کاشت تا ۹۰٪ رسیدگی؛ Y9: وزن صد دانه؛ Y10: قطر غلاف؛ Y11: طول غلاف؛ Y12: زیست‌توده؛ Y13: شاخص برداشت؛ Y14: درصد باروری؛ Y15: عملکرد تک بوته)

در نمودار بای‌پلات کسینوس زاویه بین بردارهای دو صفت، برآوردی از ضریب همبستگی بین آنها را فراهم می‌کند. در نمودار زاویه بین عملکرد دانه (Y15) با صفات وزن ۱۰۰ دانه (Y9) و قطر غلاف (Y10) تقریبا ۸۵ درجه است، کسینوس زاویه ۸۵ درجه که حدود ۰/۱ است در واقع بین صفت عملکرد دانه و صفات ذکر شده همبستگی ضعیف ۰/۱ وجود دارد. زاویه بین عملکرد دانه (Y15) و ارتفاع بوته (Y4) تقریبا ۶۵ درجه است، کسینوس زاویه ۶۵ درجه که برابر با ۰/۴ است لذا همبستگی بین عملکرد دانه و ارتفاع دانه حدود ۰/۴ است. زاویه تقریبی بین عملکرد دانه (Y15) با صفات تعداد غلاف کل (Y1) و تعداد غلاف تک‌بذری (Y6) حدود ۳۰ درجه است و لذا همبستگی بین عملکرد و این صفات حدود ۰/۸ می‌باشد (شکل۱).

نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در کشت پاییزه نیز نشان داد که پنج مؤلفه اول به ترتیب با ۳۰/۱۶، ۲۰/۵۲، ۱۲/۷۶، ۹/۵۵ و ۷/۴۴ درصد از کل واریانس در مجموع ۸۰/۴۳ درصد از تنوع موجود بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را توجیه کردند. مقادیر بردارهای ویژه در مؤلفه اول نشان داد که صفات تعداد غلاف تک‌بذری، زیست‌توده و عملکرد بیشترین نقش را در تشکیل این مؤلفه داشتند. مقادیر بردارهای ویژه در مؤلفه دوم نیز نشان داد که صفات تعداد غلاف کل و طول غلاف بیشترین نقش را در تشکیل این مؤلفه داشتند. نمودار بای‌پلات (شکل ۲) حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی تاثیر صفات آگرومورفولوژیک بر پراکنش ژنوتیپ‌ها در کشت پاییزه را نشان می‌دهد. در این نمودار ژنوتیپ‌های ۸۷ و ۲۲ مقدار زیست‌توده (Y12) و عملکرد تک‌بوته (Y15) بیشتری داشتند، ژنوتیپ‌های ۴۵ و ۶۵ تعداد غلاف کل (Y1) و تعداد غلاف تک‌بذری (Y6) بیشتر و قطر غلاف (Y10) و طول غلاف (Y11) کمتری داشتند؛ یعنی از نظر مؤلفه دوم (غلاف‌های بیشتر و کوچکتر) شاخص بودند ولی از نظر مؤلفه اول (عملکرد و زیست‌توده بیشتر) خیلی مطلوب نبودند، ژنوتیپ ۸۹ تعداد غلاف کل (Y1) و زیست‌توده (Y12) بیشتری داشت و ژنوتیپ ۹۴ دارای تعداد غلاف کل (Y1)، تعداد غلاف تک‌بذری (Y6)، زیست‌توده (Y12) و عملکرد تک‌بوته (Y15) بیشتری بود.

در بای‌پلات حاصل (شکل ۲)، زاویه بین صفت تعداد غلاف تک‌بذری (Y6) با ارتفاع گیاه (Y4) تقریبا ۹۰ درجه است، کسینوس زاویه ۹۰ درجه صفر است و بیانگر اینست که بین صفات ذکر شده همبستگی وجود ندارد. زاویه بین عملکرد دانه (Y15) با صفات تعداد غلاف تک‌بذری (Y6) و تعداد غلاف کل (Y1) تقریبا ۴۵ درجه است و کسینوس زاویه ۴۵ درجه برابر با ۰/۷ است. زاویه تقریبی بین صفت تعداد غلاف پوک (Y11) با صفت درصد باروری (Y14) حدود ۱۳۰ درجه است که کسینوس ۱۳۰ درجه برابر با ۰/۶- هست لذا همبستگی بین درصد باروری و تعداد غلاف پوک حدود ۰/۶- است. به همین ترتیب ضریب همبستگی بین تعداد غلاف کل (Y1) و درصد باروری (Y14) که دارای زاویه حدود ۱۰۵ درجه هستند ۰/۲- مشاهده شد (شکل۲). با مقایسه ضرایب همبستگی محاسبه شده بین صفات مختلف در تجزیه همبستگی (جدول ۴) و ضرایب همبستگی قابل مشاهده بین صفات مختلف با استفاده از زاویه بردارهای صفات در نمودارهای بای‌پلات (شکل ۱ و ۲) همخوانی کامل از نظر شدت و جهت همبستگی مشاهده گردید. لازم به ذکر است که تفاوت‌های اندک در مقدار همبستگی در دو روش مختلف به خاطر عدم استفاده از واریانس کل داده‌ها در نمودارهای بای‌پلات ترسیمی حاصل از دو مولفه اول در تجریه به مولفه‌های اصلی می‌باشد.

همراستا با نتایج این مطالعه، در پژوهشی با بررسی ۱۰ صفت مورفولوژیک روی ۳۶۲ لاین نخود زراعی، با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مشخص شد که چهار مؤلفه اصلی اول حدود ۸۴/۱ درصد تغییرات کل را تشکیل دادند. در مؤلفه اول که ۲۸/۹ درصد از کل تنوع را توجیه می‌کرد، صفات روز تا رسیدگی اولیه، روز تا ۵۰ درصد گلدهی و روز تا ۵۰ درصد رسیدگی، بیشترین تاثیر را داشتند و در مؤلفه دوم تعداد بذر در بوته، عملکرد دانه و تعداد بذر در غلاف، مهم‌ترین عوامل بودند و انتخاب بر اساس مؤلفه دوم بیشترین تاثیر را در عملکرد داشت (Naghavi and Jahansouz, 2005). همچنین در تحقیق دیگری با بررسی تنوع ژنتیکی ۳۶۰ لاین و رقم نخود با ۱۵ صفت مشخص شد که پنج مؤلفه اصلی، ۶۳/۵ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند (Farshadfar and Farshadfar, 2008).



شکل ۲- نمودار بای‌پلات ۱۱۲ ژنوتیپ نخود بر اساس صفات آگرومورفولوژیک در کشت پاییزه

Fig. 2. Biplot diagram for 112 chickpea genotypes by agromorphological traits in autumn cultivation

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج تجزیه همبستگی مشخص گردید که در کشت بهاره به دلیل کوتاه بودن طول دوره رشد، ارتباط معنی‌دار اکثر صفات زراعی مهم با عملکرد دانه آشکار نشده و مؤلفه‌های مهمی همچون وزن صد دانه فرصت کافی برای اثرگذاری معنی‌دار بر عملکرد نمی‌یابند. به طوری که در کشت پاییزه، ژنوتیپ‌هایی با غلاف‌های بزرگتر دارای عملکرد بیشتری بودند ولی در کشت بهاره و به دلیل کوتاه بودن دوره رویشی و کم بودن زمان پر شدن غلاف، ژنوتیپ‌هایی با غلاف‌های بزرگتر نتوانستند عملکردهای بیشتری تولید نمایند. در کشت بهاره تعداد غلاف کل اثر مستقیم و ضریب همبستگی ساده زیادی با عملکرد دانه داشت ولی اثر غیرمستقیم تعداد غلاف کل از طریق وزن ۱۰۰ دانه بر عملکرد دانه منفی بود. در کشت پاییزه علیرغم اثر مستقیم بالای تعداد غلاف کل بر عملکرد دانه، به دلیل اثر غیرمستقیم منفی از طریق تعداد غلاف پوک، ضریب همبستگی ساده تعداد غلاف کل با عملکرد دانه بسیار زیاد نبود. در نمودار بای‌پلات کشت بهاره ژنوتیپ‌های ۱۰۸، ۶۳، ۶۵ و ۹۹ بیشترین تعداد غلاف کل، تعداد غلاف تک‌بذری، زیست‌توده و عملکرد تک بوته و ژنوتیپ‌های ۵۵، ۷۶، ۸۱، ۸۲، ۸۴، ۸۵ و ۸۸ بالاترین وزن ۱۰۰ دانه و طول و قطر غلاف را دارا بودند. بر اساس نمودار بای‌پلات کشت پاییزه، ژنوتیپ‌های ۸۷ و ۲۲ مقدار زیست‌توده و عملکرد تک‌بوته بیشتر، ژنوتیپ‌های ۴۵ و ۶۵ تعداد غلاف کل و تعداد غلاف تک‌بذری بیشتر، ژنوتیپ ۸۹ تعداد غلاف کل و زیست‌توده بیشتر و ژنوتیپ ۹۴ دارای تعداد غلاف کل، تعداد غلاف تک‌بذری، زیست‌توده و عملکرد تک‌بوته بیشتری بودند. در مجموع طبق نتایج تحقیق حاضر تعداد غلاف کل و وزن ۱۰۰ دانه به عنوان دو عامل اثرگذار اصلی در عملکرد دانه نخود بودند. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش توصیه می‌شود در برنامه‌های به‌نژادی در راستای افزایش عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های نخود

در شرایط تنش سرما و بدون تنش، گـزینش بـر اسـاس تعـداد غلاف کل در بوته صورت پذیرد که صـفتی قابـل رؤیـت بـوده و اندازه‌گیری آن ساده است.

منابع

1. Akbarpoor, M. and Mahdavi-Damghani, A. 2017. The role of agricultural economics in reducing poverty and achieving food security. In Second National Conference on Economics, Management and Accounting, July 6, 2017. Shahid Chamran University of Ahvaz. (In Persian).
2. Ali, M.A., Nawab, N.N., Abbas, A., Zulkiffal, M. and Sajjad, M. 2009. Evaluation of selection criteria in *Cicer arietinum* L. using correlation coefficients and path analysis. Australian Journal of Crop Science 3(2): 65-70.
3. Dahl, W.J., Foster, L.M. and Tyler, R.T. 2012. Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.). British Journal of Nutrition 108(S1): S3-S10.
4. Dashti, H., Yousefi-Sorooshak, M., Bihamta, M.R. and Gholizadeh-Vazvani, M. 2019. Evaluation of Chickpea (Cicer arietinum L.) Genotypes for Cold Resistance in Autumn Cultivation in Rafsanjan Region of Iran. Journal of Crop Breeding 11(29): 181-192. (In Persian).
5. FAO. 2018. FAO-STAT; Statistical Database of the United Nation Food and Agriculture Organization. Available at: www.fao.org/faostat/en/#data/QC.
6. Farshadfar, A. 2001. The principles and methods of multivariate statistics. Razi university of Kermanshah punlishers.
7. Farshadfar, M. and Farshadfar, E. 2008. Genetic variability and path analysis of chickpea (*Cicer arientinum* L.) landraces and lines. Journal of applied sciences 8(2): 3951-3956.
8. Fraser, J. and Eaton, G.W. 1983. Application of yield component analysis to crop research. Field crop 39:787-797.
9. Gediya, L.N., Patel, D.A., Kumar, S., Kumar, D., Parmar, D.J., and Patel, S.S. 2019. Phenotypic variability, path analysis and molecular diversity analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Vegetos 32(2): 167-180.
10. Habibpour-Mehrban, F., Maali-Amiri, R., Zeinali-Khaneghah, H., and Dashtaki, M. 2014. Morphological variations black chickpeas by using multivariate analysis methods. Iranian Journal of Field Crop Science, 45(1): 23-30. (In Persian).
11. Karami, E., Ghannadha, M.R., Naghavi, M.R. and Mardi, M. 2005. An evaluation of drought resistance in barley. Iran Journal Agricultural Sciences 36(3):547-60. (In Persian).
12. Karamidehkordi, E. 2010. A country report: Challenges facing Iranian agriculture and natural resource management in the twenty-first century. Human Ecology 38(2): 295-303.
13. Koivunen, E., Partanen, K., Perttilä, S., Palander, S., Tuunainen, P. and Valaja, J. 2016. Digestibility and energy value of pea (*Pisum sativum* L.), faba bean (*Vicia faba* L.) and blue lupin (narrow-leaf) (*Lupinus angustifolius*) seeds in broilers. Animal Feed Science and Technology 218: 120-127.
14. Kumar, A., Yadav, A.K., Nath, S. and Yadav, P. 2017. Interrelationships and path analysis of yield attributes in chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm. Journal of Food Legumes 30(4): 301-303.
15. Mardi, M., Taleei, A.R. and Omidi, M. 2003. A study of genetic diversity and identification of yield components in Desi chickpea. Iranian Journal of Agricultural Science 34(2): 345-351. (In Persian with English Summary).
16. Naghavi, M. R. and Jahansouz, M. R. 2005. Variation in the agronomic and morphological traits of Iranian chickpea accessions. Journal of Integrative Plant Biology 47(3): 375-379.
17. Nasiri. P. and Ebrahimi, M.A. 2013. Advanced statistical methods in biological and agricultural sciences. Yadvare-e Ketab Publishing Center. (In Persian).
18. Nezami, A., Sedaghatkhahi, H., Porsa, H., Parsa, M. and Bagheri, A.R. 2010. Evaluation of autumn sowing chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes of cold tolerant under supplemental irrigation. Iranian Journal of Field Crops Research 8(3): 415-423. (In Persian).
19. Pundir, R.P.S., Reddy, K.N. and Mengesha, M.H. 1992. Pod volume and pod filling as useful traits of chickpeas. International Chickpea Newsletter 27: 27-28.
20. Sadeghzadeh-Ahari, D. 2015. Tips on autumn cultivation of chickpeas and lentils (First section). Moravej 152-153: 17-18. (In Persian).
21. Sedaghatkhahi, H., Parsa, M., Nezami, A., Porsa, H. and Bagheri, A. 2011. Evaluation of yield and yield components of cold tolerant chickpea genotypes under delayed planting conditions in Mashhad. Iranian Journal of Field Crops Research 9(3): 323-330. (In Persian).

22. Seyedhamzeh, S. and Damari, B. 2017. The conceptual model of food and nutrition security in Iran. Community Health 4(3): 223-232.
23. Singh, I.S., Hussain, M.A. and Gupta, A.K. 1995. Correlation studies among yield and yield contributing traits in F2 and F3 chickpea populations. International Chickpea and Pigeonpea Newsletter 2: 11-13.
24. Singh, K.B., Bejiga, G. and Malhotra, R.S. 1990. Associations of some characters with seed yield in chickpea collections. Euphytica 49(1): 83-88.
25. Singh, N. 2017. Pulses: an overview. Journal of Food Science and Technology 54(4): 853-857.
26. Temba, M.C., Njobeh, P.B., Adebo, O.A., Olugbile, A.O. and Kayitesi, E. 2016. The role of compositing cereals with legumes to alleviate protein energy malnutrition in Africa. International Journal of Food Science & Technology 51(3): 543-554.
27. Uddin, M.J., Hamid, M.A., Rahman, A.R.M.S. and Newaz, M.A. 1990. Variability, correlation and path analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Bangladesh. Bangladesh Journal of Plant Breeding and Genetics 3(12): 51-55.
28. Vijaykumar, C.H.M., Salimath, P.M., Goud, J.V. and Parameshwarappa, R. 1991. Genetic Variability and Genotype×Environment Interaction in Chickpea. Journal-Maharashtra Agricultural Universities 16: 37-37.
29. Williams, C.M., King, J.R., Ross, S.M., Olson, M.A., Hoy, C.F. and Lopetinsky, K.J. 2014. Effects of three pulse crops on subsequent barley, canola, and wheat. Agronomy Journal 106(2): 343-350.
30. Zeinali, H., Nasrabadi, A., Hoseinzadeh, H., Chogan, R. and Sabokdast, M. 2005. Factor analysis on spatial corn varieties. Crop Science Journal of Iran 36(4): 895-902.

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: **https://ijpr.um.ac.ir**
Vol. 14, No. 1, June 2023, p. 48-62 (Original Research Article)

Principal component and path analysis of agro-morphological traits of Kabuli chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under dryland spring-planting and autumn-planting

Yousefi[1], Valiollah; Ahmadi[2]*, Jafar; Sadeghzadeh-Ahari[3], Davoud; and Esfandiari[4], Ezatollah

1. PhD. in Plant Breeding, Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran; vali_yousefi@yahoo.com
2. Professor, Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran; j.ahmadi@eng.ikiu.ac.ir
3. Associate Professor, Dryland Pulses Research Department, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Maragheh, Iran; dsadeghzade@yahoo.com
4. Professor, Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Maragheh University, Maragheh, Iran; esfand1977@yahoo.com

The Dates:
Received: 21 October 2020; **Revised:** 21 February 2022
Accepted: 10 May 2022; **Available Online:** 22 June 2023

How to cite this article:
Yousefi, V., Ahmadi, J., Sadeghzadeh-Ahari, D., and Esfandiari, E. 2023. Principal component and path analysis of agro-morphological traits of Kabuli chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under dryland spring-planting and autumn-planting. Iranian Journal of Pulses Research 14(1): 48-62. (In Persian with English abstract). DOI: 10.22067/ijpr.v14i1.89295

Introduction

Legumes are the most economically important food source for humans due to their protein richness, especially in developing and underdeveloped countries. Chickpea yield in spring-planting under dryland cropping decreases due to increasing temperature and day length and the occurrence of end-season drought and exposure to important pest's activity. In autumn-planting, early flowering, escaping from pests and optimal use of annual rainfall help to significantly increase in grain yield. Increasing the growth period during autumn planting has been found to result in taller plant height, making mechanical harvesting more feasible. The success of a plant breeding program relies on implementing a suitable selection design that takes into account both correlated and non-correlated relationships. Recently, a significant positive correlation has been observed between grain yield and several traits such as the number of pods, number of seeds, 100-kernel weight, and harvest index in chickpea. These traits were also found to have a direct and significant effect on chickpea grain yield. Additionally, there was a high direct effect observed for pod number, number of seeds, 100-kernel weight, and single-seed weight on chickpea grain yield.

Materials and Methods

This research was conducted on 112 chickpea genotypes in dryland spring-planting (non-cold stress condition) and autumn-planting (cold stress) based on augmented design in Dryland Agricultural Research Institute located in Maragheh. Total pods number, number of empty pods, number of tow-seed pods, plant height, first pod height from soil level, number of pods with one seed, days to maturity initiation, days to 90% maturity, 100-kernel weight, pod diameter, pod length, biomass, harvest index, fertility percent and single-plant yield were meassured. The correlation analysis, stepwise regression and path analysis, and principal component analysis were used for identifying the relationships among agro-morphological traits.

Results and Discussion

In autumn-planting condition grain yield positively correlated with all traits except days to 90% maturity, but in spring-planting condition the correlation between grain yield and first pod height, days to maturity initiation, days to 90% maturity, 100-kernel weight, pod diameter and pod length were not

Corresponding Author: j.ahmadi@eng.ikiu.ac.ir

significant. In spring-planting, 100-kernel weight and total pods number were negatively correlated. In both spring and autumn-planting, the 100-kernel weight showed a significant positive correlation with pod diameter and pod length. This indicates that genotypes with larger pods also tend to have larger seeds. Furthermore, in autumn-planting, there was a significant positive correlation between pod diameter, pod length, and grain yield. However, these correlations were not significant in spring-planting. Stepwise regression analysis was performed to assess the factors influencing grain yield in both planting conditions. In spring-planting, the number of total pods, 100-kernel weight, fertility percent, and the number of two-seed pods were found to have direct and significant effects on grain yield. On the other hand, in autumn-planting, the number of total pods, pod length, number of empty pods, 100-kernel weight, and the number of two-seed pods were included in the final model as predictors of grain yield. These results suggest that these factors play a crucial role in determining grain yield in their respective planting conditions. In spring-planting, the genotypes 108, 63, 65 and 99 had the highest number of total pods, number of single pods, biomass and plant yield and genotypes 55, 76, 81, 82, 84, 85 and 88 had the highest weight of 100-kernel, pod length and pod diameter. In autumn-planting, the genotypes 87 and 22 had higher biomass and grain yield, genotypes 45 and 65 had higher total pods and number of single pods, genotype 89 had higher total pods and biomass and genotype 94 had higher total pods, number of single pods, biomass and yield.

Conclusion

Correlation analysis results showed that in non cold stress condition (spring-planting), due to the short growth period, the significant relationship of most important agronomic traits with grain yield were not revealed and important components such as 100-kernel weight did not have enough opportunity to significantly affect grain yield. In spring-planting, total pods number had a high direct effect and correlation coefficient with grain yield, but the indirect effect of this trait through 100-kernel weight on grain yield was negative because increasing the number of total pods causes decreasing the kernel weight. In autumn-planting, despite the high direct effect of total pods number on grain yield, due to the indirect negative effect through the number of empty pods, the correlation coefficient of total pod number with grain yield was not very high. Finally in order to increase grain yield in chickpea genotypes in breeding programs it is recommended that under cold stress and non-stress conditions, selection should be based on the number of total pods per plant, which is a visible trait and easy to measure.

Keywords: Autumn-planting، Cold tolerance، Grain yield، Regression analysis